

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



ALVÉOLO PÓS-EXTRACIONAL:
REVISÃO DE LITERATURA

Tiago Teixeira Rodrigues

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

2012

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



ALVÉOLO PÓS-EXTRACIONAL:
REVISÃO DE LITERATURA

Tiago Teixeira Rodrigues

Dissertação orientada por Professor Doutor João Caramês

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

2012

“Se soubermos que um obstáculo é intransponível,
deixa de ser um obstáculo para se tornar
um ponto de partida”
(Juzsef Eorvos)

Para ti, avó

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor João Caramês pela sua disponibilidade e dedicação no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Dr. André Moreira e Dr. Filipe Freitas pelo apoio e experiência que me têm transmitido.

Aos meus pais por todo o apoio, carinho e paciência demonstrada ao longo da minha vida.

Ao meu irmão pela ligeireza com que aborda todos os problemas.

À minha avó por todo o apoio e orgulho que deposita em mim, antes e depois da sua partida.

Ao André Marques, amigo com quem vivi intensamente todo o meu percurso académico.

Ao Pedro Batista, amigo que tornou as minhas pausas agradáveis.

A todos os amigos e familiares que de uma forma ou outra, tornaram este acontecimento possível.

RESUMO

As alterações dimensionais sofridas pelo alvéolo pós-extracional resultam de um processo fisiológico denominado por reabsorção óssea, resultante da remodelação que ocorre nos tecidos após uma exodontia. O padrão de reabsorção e a quantidade de estrutura perdida podem dificultar, ou até mesmo inviabilizar, a reabilitação. No entanto, estão descritas diversas técnicas que visam minimizar a perda óssea vertical e horizontal.

Objectivos: Descrever e compreender o padrão de reabsorção óssea a que o alvéolo pós-extracional se encontra sujeito, apresentar diversas abordagens efectuadas por diferentes autores e compreender a eficácia das diferentes técnicas na preservação dimensional do alvéolo pós-extracional.

Foi efectuada uma pesquisa electrónica em bases de dados primárias, secundárias e mistas (*Pubmed, The Cochrane Library, ADA Center for Evidence-Based Dentistry, NHS Evidence*). A pesquisa foi realizada em língua inglesa, em Junho de 2012, não tendo sido estabelecido qualquer limite temporal. 93 artigos, dos quais 5 são revisões sistemáticas, foram seleccionados pelo autor a partir da pesquisa inicial.

Conclui-se que as técnicas de preservação alveolar são eficazes, na medida em que diminuem a quantidade de perda óssea, no entanto, não a evitam. Existe uma grande dificuldade em comparar diferentes abordagens, bem como determinar qual a mais eficaz, visto que muitas delas consistem na conjugação de várias técnicas e da existência de muitos factores com interferência directa nos resultados.

Palavras-chave: Alvéolo pós-extracional, alterações dimensionais, cicatrização, reabsorção óssea, preservação alveolar, aumento do rebordo alveolar.

ABSTRACT

Dimensional changes of alveolar bone and soft tissue remodelling that affect extraction sockets are the result of a physiological process known as bone resorption. The remodelling process of hard and soft tissues may hinder or even derail the rehabilitation. However, there are some techniques that appear to minimize vertical and horizontal the bone loss.

Objectives: Describe and understand the bone resorption process that affects the extraction socket, present some approaches taken by different authors and understand the effectiveness of the different techniques on the dimensional preservation of post-extraction sockets.

An electronic literature research on secondary and primary databases (*Pubmed, The Cochrane Library, ADA Center for Evidence-Based Dentistry, NHS Evidence*) was performed. The research was conducted in English, in June 2012. 93 articles, including 5 systematic reviews, were selected from the initial research.

In conclusion, the alveolar preservation techniques are effective since it appears to reduce the amount of bone loss. However, they do not avoid it. There is great difficulty in comparing different approaches, as well as determines the most effective, since many of them consist of a combination of various techniques and there are many factors that interfere directly in the results.

Key words: Extraction socket, dimensional changes, healing, bone resorption, socket preservation, alveolar ridge augmentation.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO E PALAVRAS-CHAVE	v
ABSTRACT AND KEY-WORDS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
I. INTRODUÇÃO	1
II. MATERIAIS E MÉTODOS	2
III. REVISÃO DE LITERATURA	3
Biologia do alvéolo pós-extracional	3
Alterações dimensionais do alvéolo pós-extracional	6
Classificação do alvéolo pós-extracional	8
Diferentes abordagens do alvéolo pós-extracional	9
IV. DISCUSSÃO	17
Técnica Cirúrgica	17
Morfologia e localização do alvéolo pós-extracional	18
Uso de membranas na preservação do alvéolo pós-extracional	18
Biocompatibilidade e reabsorção dos materiais utilizados	20
Utilização de enxertos, ROG e recurso a factores de crescimento	22
V. CONCLUSÃO	28
VI. BIBLIOGRAFIA	29

LISTA DE ABREVIATURAS

ACS: Esponja reabsorvível de colagénio

bBMP: Proteína morfogenética bovina

bOM: Matriz orgânica bovina

CS: Sulfato de Cálcio

ePTFE: Membrana não reabsorvível de politetrafluoretileno

FDBA: Osso liofilizado

RhBMP-2: Protéina-2 recombinante morfogenética

ROG: Regeneração óssea guiada

MGCSH: Sulfato de cálcio hidratado

MHA: Hidroxiapatite reforçada com magnésio

I. INTRODUÇÃO

As últimas décadas têm sido marcadas por um aumento exponencial do interesse sobre fenómenos de reabsorção óssea, aos quais o rebordo alveolar se encontra sujeito, após a realização de exodontias. Este facto deve-se, essencialmente, à importância adquirida pela componente estética, aquando da realização do plano de tratamento (Bartee 2001). Segundo Schroeder, o osso alveolar é um tecido dependente do eixo de erupção do dente, da sua forma e, eventualmente, da sua inclinação (Schroeder 1986), fazendo com que a sua extracção tenha uma repercussão directa no periodonto (Cohn 1966; Pietrokovski & Massler 1967/71). O osso é mantido devido à existência de forças, constantemente transmitidas pelas raízes dos dentes (Bartee 2001).

Após a realização de uma exodontia ocorre reabsorção óssea, diminuindo a altura e largura do processo alveolar (Pinho e col. 2006). A reabsorção é mais extensa na mandíbula do que na maxila (Tallgren 1957), sendo em ambos os casos, acompanhada por uma alteração dos tecidos moles (Van der Weijden e col. 2009).

Iasella e col. defendem que a reabsorção óssea será mais significativa na presença de doença periodontal, lesões endodônticas ou episódios traumáticos. Quando o alvéolo pós-extracção não tem uma ou mais paredes, esperasse uma reabsorção óssea mais exacerbada (Iasella e col. 2003). Nestes casos, uma parte do alvéolo é preenchida com tecido fibroso, o que não promove uma correcta cicatrização e regeneração óssea (Brkovic e col. 2008). A reabsorção do processo alveolar é um processo complexo, englobando componentes estruturais e funcionais. O simples trauma criado durante a exodontia produz um microtrauma no osso circundante, que poderá acelerar a remodelação óssea (Garetto e col. 1995).

Condições sistémicas como a osteoporose, patologia renal, vascular e endócrina podem acelerar a perda óssea, interferindo com a fisiologia e metabolismo do osso (Soikkonen e col. 1996); de igual modo, pacientes bruxómanos ou com mordidas fortes poderão apresentar uma reabsorção óssea mais acelerada do que o normal (Jahangiri e col. 1998).

A perda óssea tem sido avaliada através de diferentes métodos (Vignoletti e col. 2011). Dentro desses métodos, destaca-se a medição em modelos de estudo (Pietrokovski & Massler 1967; Johnson 1969), análise radiográfica (Schropp e col. 2003), observação clínica através de reabertura cirúrgica (Lekovic e col. 1998; Camargo e col. 2000) e estudos histológicos experimentais em modelo animal (Cardaropoli e col. 2003; Araújo & Lindhe 2005).

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta dissertação foi realizada uma pesquisa na literatura através de bases de dados primárias, secundárias e mistas (*Pubmed, The Cochrane Library, ADA Center for Evidence-Based Dentistry, NHS Evidence*), com o objectivo de encontrar artigos relevantes sobre o tema da cicatrização do alvéolo e técnicas de preservação do mesmo.

Utilizaram-se as seguintes palavras-chave: Extraction socket, dimensional changes, healing, bone resorption, socket preservation, alveolar ridge augmentation.

Foram seleccionados 93 artigos para a realização desta monografia. Não foram impostos limites iniciais de tempo à pesquisa. Apenas artigos nas Línguas Portuguesa e Inglesa foram seleccionados.

III. REVISÃO DE LITERATURA

Biologia do alvéolo pós-extracional

Amler realizou um estudo em seres humanos, com o objectivo de perceber o fenómeno da cicatrização alveolar e chegou à conclusão, de que, no dia da extracção ocorria a formação de um coágulo; existiam evidências de epitelização aos 4 dias; 7 dias após a exodontia o coágulo era substituído por tecido de granulação, e formava-se o osteóide na base do alvéolo; aos 20 dias, esse mesmo tecido, era substituído por tecido conjuntivo. Passados 38 dias, pelo menos 2/3 do alvéolo, estavam preenchidos por osso trabecular, verificando-se uma fusão do epitélio passados 24 dias (Amler 1969).

Mais recentemente, Cardaropoli e col. publicaram um estudo sobre o tempo e sequência dos eventos biológicos, a que o alvéolo pós-extracional se encontra sujeito; os autores utilizaram cães de raça mongrel e após análises histológicas, realizadas passados 1, 3, 7, 14, 30, 60, 90, 120 e 180 dias da exodontia, observaram que os eventos não eram homogêneos em todo o alvéolo. Dividiram-nos em três porções: “zona A” (porção coronal), “zona B” (porção central) e “zona C” (porção apical) (Cardaropoli e col. 2003).

Nas análises realizadas a 1,3 e 7 dias, observaram a presença de um coágulo sanguíneo em quase toda a extensão do alvéolo, com a diferença de que a “zona A” apresentava, para além do coágulo, tecido de granulação correspondente a 1% do volume tecidual. Na “zona A”, numa análise a 7 e 14 dias, foi registado uma percentagem de 13% e 10% de tecido de granulação, respectivamente; por outro lado tanto a “zona B” como a “zona C” não apresentavam tecido de granulação aquando destas observações. Para além disso a “zona A” era caracterizada pela presença de 8% de matriz provisória aos 7 dias, 15% e 78% de osso mineralizado aos 14 e 30 dias. Analisando a “zona B” verificaram que, aos 7 dias era constituída por 36% de matriz provisória, bem como, 56% e 90% de osso mineralizado aos 14 e 30 dias. Os resultados

da “zona C” foram 100% de matriz provisória aos 7 dias, 72% e 95% de osso mineralizado aos 14 e 30 dias (Cardaropoli e col. 2003).

A quantidade de osso mineralizado começou a diminuir a partir da observação realizada aos 90 dias; de 46% a 27% na “zona A”, 41% a 13% na “zona B” e 24% a 5% na “zona C”. O osso medular foi observado apenas a partir dos 60 dias, constituindo 61%, 80% e 91% nas “zonas A, B e C”. Este valor aumentou gradualmente até à observação realizada aos 180 dias: 73% na “zona A”, 87% na “zona B” e 95% na “zona C” (Cardaropoli e col. 2003).

O coágulo presente na “zona A” tende a ser substituído por tecido de granulação (rico em vasos e células inflamatórias), durante a primeira semana (Cardaropoli e col. 2003); este tecido é formado devido há existência de material inflamado na cavidade oral, funcionando como uma barreira protectora das zonas mais apicais do alvéolo (Araújo e col. 1997). A formação de tecido duro verificou-se duas semanas após o início da cicatrização; verificaram que a esta altura, 50% do tecido das “zonas B e C” era osso imaturo. Por outro lado, na mesma altura, a “zona A” apresenta apenas 15% do mesmo (Cardaropoli e col. 2003).

Durante todo este processo biológico as células do ligamento periodontal desempenham um papel participativo, não só na formação da matriz provisória, como também, na formação de tecido duro; verificaram uma migração, dos fibroblastos do ligamento periodontal, até ao centro do alvéolo onde se diferenciaram em osteoblastos (Cardaropoli e col. 2003; Lin e col. 1994).

A formação de osso imaturo, sua substituição por osso lamelar, deposição de novos incrementos de osso lamelar e formação de um perióstio, são fenómenos que ocorrem durante a formação da cortical óssea, que reveste a “zona A” do alvéolo, passados 60, 90, 120 e 180 dias da exodontia (Cardaropoli e col. 2003). Fenómeno caracterizado pela formação de uma parede de osso cortical, na qual a mucosa de revestimento adere firmemente (Cardaropoli e col. 2003; Shenk & Hunziker 1994). Passados 180 dias da exodontia, 85% do volume de tecido alveolar localizado junto da cortical óssea era osso medular, contendo apenas pequenas porções de osso mineralizado (Araújo e col 1999; Cardaropoli e col. 2003).

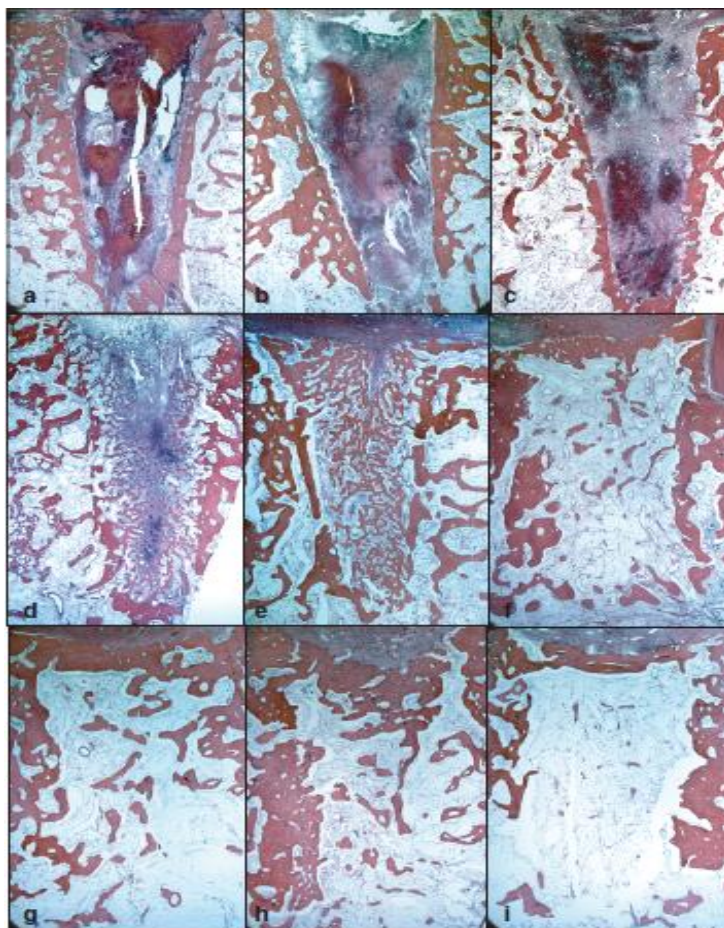


Fig.1 Cicatrização do Alvéolo pós-extracional: (a) 1º dia, (b) 3º dia, (c) 7º dia, (d) 14º dia, (e) 30º dia, (f) 60º dia, (g) 90º dia, (h) 120º dia, (i) 180º dia (Cardaropoli e col. 2003).

No final do estudo, Cardaropoli e col. concluíram que a cicatrização alveolar era constituída por cinco processos biológicos encadeados na seguinte ordem (Cardaropoli e col. 2003):

- Formação do coágulo sanguíneo (primeiras 24h após extracção);
- Formação de uma matriz provisória (7 dias após exodontia);
- Formação de osso imaturo (14 a 30 dias após exodontia);
- Formação de osso lamelar (30 a 180 dias após exodontia);
- Formação de osso medular (60 a 180 dias após exodontia).

Araújo & Lindhe demonstraram que as alterações dimensionais, ocorrem durante as primeiras 8 semanas após a extracção, devido a uma grande actividade osteoclástica

existente nesse período de tempo. Como resultado, ocorre uma reabsorção da região da crista óssea, tanto por lingual como por vestibular (Araújo & Lindhe 2005). O processo de reabsorção está dividido em duas fases distintas. Numa primeira fase, o osso imaturo é substituído por tecido ósseo, verificando-se uma substancial diminuição da altura da crista vestibular. A segunda fase consiste numa reabsorção que ocorre a partir da porção externa de ambas as paredes ósseas, tendo como resultado, uma reabsorção a nível horizontal, que poderá aumentar a perda óssea vertical da parede vestibular, verificada durante a primeira fase (Araújo & Lindhe 2005).

Soehren & Van Swol dizem-nos que a reabsorção óssea ocorre de forma diferente na mandíbula e maxila. Aparentemente a cicatrização dos alvéolos na maxila ocorre de forma mais rápida do que na mandíbula, devido ao melhor suprimento sanguíneo, resultando num padrão de reabsorção mais rápido na mandíbula (Soehren & Van Swol 1979).

Alterações dimensionais do alvéolo pós-extracional

A cicatrização de um alvéolo após uma extracção é um processo caracterizado por reabsorção e remodelação do osso alveolar (Sobolik 1960), sendo os três primeiros meses após a extracção, o período onde ocorre a maior quantidade de perda óssea (Schropp e col. 2003). A maior quantidade de osso perdido é na dimensão horizontal, de forma mais pronunciada na porção vestibular do rebordo residual. Para além disso, também se verifica uma perda óssea em termos de dimensão vertical, sendo esta mais acentuada na porção vestibular (Lekovic e col. 1998). O facto de o rebordo residual se recolocar numa posição mais palatina/lingual ao sofrer este padrão de reabsorção, pode impedir ou comprometer a correta reabilitação (Iasella e col. 2003). Schropp e col. defendem que, um ano após a exodontia, há uma redução de aproximadamente 50% na dimensão vestibulo-lingual do osso residual (Schropp e col. 2003); Araújo & Lindhe partilham da mesma ideia afirmando que o mesmo se deve, principalmente, à reabsorção ocorrida na porção vestibular do osso (Araújo & Lindhe 2005).

Como foi inicialmente referido, esta temática tem sido abordada mais afincadamente nos últimos anos. Apesar disso, no ano de 1967, Carlsson & Persson publicaram um estudo, que visou estudar as alterações dimensionais a que o rebordo residual estava sujeito, após a exodontia de, pelo menos 5 a 6 dentes ântero-inferiores (Carlsson & Persson 1967). Diferentemente dos estudos mais recentes, os autores executaram 6 registos: aos 2, 4, 6, 12, 24 e 60 meses após as exodontias e concluíram que a reabsorção era mais acentuada nos primeiros dois meses após a exodontia; de salientar que os resultados obtidos a partir do 2º mês estavam sobre a condicionante do uso de prótese total (Carlsson & Persson 1967).

Segundo a revisão sistemática publicada por Van der Weijden e col., durante a cicatrização de um alvéolo podemos esperar uma perda óssea horizontal de 3.87mm, valor superior ao previsto em termos de perda vertical: 1.67mm a 2.03mm (Van der Weijden e col. 2009). Outros autores, nomeadamente Tan e col., dizem-nos que a perda óssea esperada, 6 meses após exodontia é de: 3.79mm na dimensão horizontal e 1.24mm na vertical (Tan e col. 2012). Tendo em conta esta realidade é então necessário tentar diminuir ao máximo a reabsorção que irá ocorrer no alvéolo após a extracção (Ten Heggeler e col. 2011).

A importância deste tema relaciona-se com a necessidade de existir uma quantidade suficiente de osso alveolar e um rebordo residual com arquitectura favorável, para que se obtenha uma reabilitação de sucesso (Van der Weijden e col. 2009), sendo muitas das vezes, necessário aplicar técnicas de preservação alveolar, imediatamente após a exodontia (Barone e col. 2008). Tendo a noção da magnitude das alterações dimensionais, é realizado um plano de tratamento mais adequado, com uma cuidada previsão de possíveis complicações e soluções viáveis, durante toda a reabilitação (Tan e col. 2012).

Classificação do alvéolo pós-extracional

O sucesso da abordagem aos alvéolos pós-extracionais pode ser um desafio, principalmente em zonas anteriores, onde a estética é um requisito fundamental. Para que a colocação de implantes seja bem-sucedida, a abordagem realizada deverá ser a mais apropriada, tendo em conta as características do alvéolo (Elia e col. 2007).

Elia e col. consideram que a presença e quantidade de recessão de tecido mole, bem como, a presença ou ausência da parede óssea vestibular, influenciam directamente a escolha da técnica de preservação a efectuar. Os autores publicaram uma classificação simplificada do alvéolo pós-extracional, classificando-o em três tipos: I, II e III. O alvéolo do tipo I é caracterizado pelo facto da tábua óssea vestibular e tecidos moles estarem ao mesmo nível, relativamente à junção amelo-cementária, do verificado antes da extracção. O alvéolo do tipo II é semelhante ao anterior, com a diferença de que neste caso, a tábua óssea vestibular está parcialmente ausente. O alvéolo do tipo III apresenta uma grande recessão ao nível do tecido mole e da parede óssea vestibular (Elia e col. 2007).

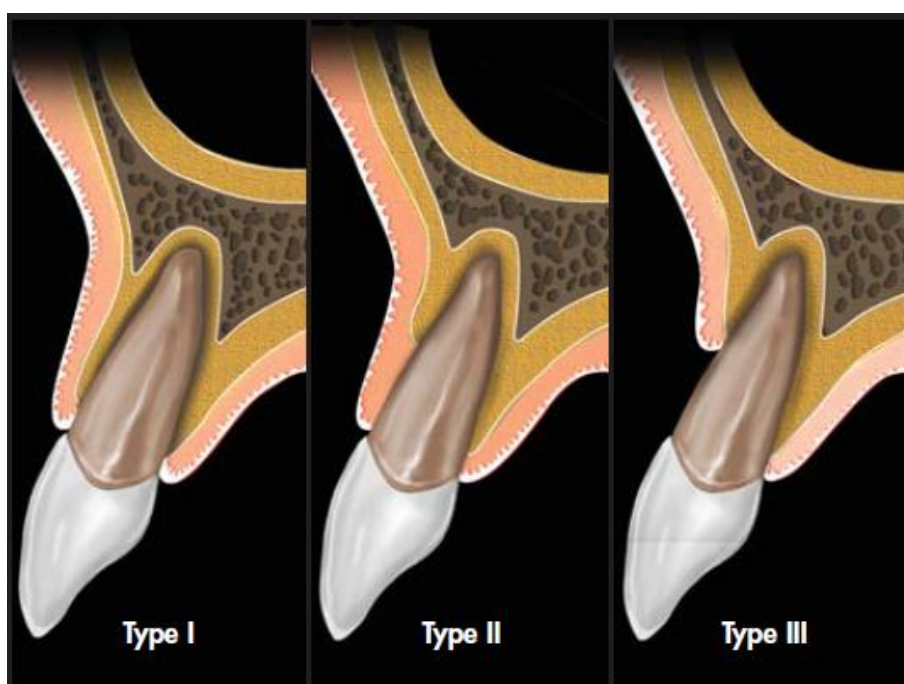


Fig.2 Classificação simplificada do alvéolo pós-extracional (Elia e col. 2007).

Diferentes abordagens do alvéolo pós-extracional

Diferentes técnicas de preservação do alvéolo pós-extracional têm sido propostas, variando desde uma simples extracção sem retalho (Fickl e col. 2008), até à colocação imediata de implantes (Paolantonio e col. 2001) passando pela utilização de diferentes materiais de enxerto, com ou sem membranas, para preenchimento do alvéolo (Fickl e col. 2009), entre outros.

Alguns dos métodos de preservação alveolar têm por base a estimulação da formação óssea, minimizando a perda óssea vertical e horizontal a que o alvéolo está sujeito. Estes incluem procedimentos de regeneração óssea guiada (ROG) (Nyman e col. 1982), utilizando ou não materiais de enxerto (Lekovic e col. 1998), substitutos ósseos ou materiais osteogénicos (Pelegrine e col. 2010), entre outros biomateriais (Serino e col. 2003). Os materiais de enxerto promovem um suporte mecânico e previnem o colapso das paredes ósseas, atrasando a reabsorção óssea. O material ideal deve ser osteoindutor e osteoconductor, estimulando e servindo de matriz para o crescimento ósseo (Serino e col. 2008).

O termo osteoindutor é a propriedade de induzir a diferenciação de células indiferenciadas, em células osteoblásticas. Factores de crescimento como a proteína-2 recombinante morfogenética (RhBMP-2) e osso liofilizado (FDBA) são considerados osteoindutores. O termo osteoconductor consiste no recrutamento e migração de células potencialmente osteogénicas, para o local de formação da matriz, e disponibilização de uma estrutura onde as células ósseas podem desenvolver-se (como por exemplo o vidro bioactivo e a hidroxiapatite). O enxerto autólogo é o único considerado verdadeiramente osteogénico; é capaz de formar osso a partir de células existentes no interior do enxerto (Morjaria e col. 2012).

Barone e col. realizaram um ensaio clínico randomizado em humanos, com o intuito de avaliar a eficácia da utilização do xenoenxerto ósseo porcino (osso cortical e medular), na minimização das alterações dimensionais a que um alvéolo está sujeito, após uma exodontia. Foram criados aleatoriamente, dois grupos de 20 pessoas com idades entre os 26 e 69 anos, em que 16 eram do sexo masculino e 24 do feminino; os

grupos foram denominados por EXT (grupo de controlo: *extraction*) e RP (grupo teste: *ridge preservation*). As condições em que foram realizadas as extracções, em zonas não molares, e consequente cicatrização foram iguais nos dois grupos, variando apenas o facto de que no grupo RP, o alvéolo foi intervencionado com o xenoenxerto porcino e membrana de colagénio. Foram realizadas exodontias de forma não traumática, através de incisões crestais e intrasulculares com recurso a odontosecção quando necessário. Foram preservadas as 4 paredes do alvéolo; sutura realizada de forma a reposicionar o retalho vestibular, livre de tensão e proporcionando uma cicatrização por primeira intenção. As suturas foram removidas aos 7 dias. A avaliação foi realizada aos 7 meses, aquando da cirurgia para colocação dos implantes (Barone e col. 2008).

Os autores constataram a existência de significativas perdas ósseas horizontais nos locais onde apenas foi realizada a exodontia ($4.3 \pm 0.8\text{mm}$), quando comparados com os alvéolos sujeitos a procedimentos regenerativos ($2.5 \pm 1.2\text{mm}$). A média de reabsorção vertical verificada foi de $3.6 \pm 1.5\text{mm}$ no grupo de controlo, contra $0.7 \pm 1.4\text{mm}$ no grupo de preservação do alvéolo. O exame histológico realizado revelou a existência de maior quantidade de tecido conjuntivo e menor percentagem de osso mineralizado, no grupo onde apenas foram realizadas as exodontias sem a colocação do xenoenxerto (Barone e col. 2008).

Lekovic e col. apresentaram valores de $1.50 \pm 0.26\text{mm}$ para a perda óssea vertical externa por vestibular e $4.56 \pm 0.33\text{mm}$ a nível horizontal no grupo de controlo. Estes valores foram obtidos no seguimento de um estudo, em que avaliaram o efeito do uso de membranas reabsorvíveis na preservação do osso alveolar, após exodontia. O estudo foi efectuado em 16 pacientes, 10 do sexo feminino e 6 do masculino, com uma média de idades de 52.6 ± 11.8 anos. Cada participante foi sujeito a duas extracções, em dentes anteriores ou pré-molares, executadas de forma menos traumática possível; para isso foi efectuada uma incisão intrasulcular ao redor da coroa dos dentes a extrair, incisões horizontais através da papila adjacente para separar o retalho vestibular do lingual e 4 incisões verticais, o mais mesial/distal das incisões papilares horizontais. Foram realizados retalhos de espessura total. A escolha do alvéolo para colocação da membrana foi aleatória, cobrindo pelo menos 3mm do rebordo alveolar circundante. Os retalhos foram suturados de forma a promover uma cicatrização por primeira intenção (Lekovic e col. 2008).

Os resultados obtidos demonstraram que os alvéolos onde foram colocadas membranas reabsorvíveis, apresentaram uma perda óssea vertical e horizontal significativamente menores, $0.38 \pm 0.22\text{mm}$ e $1.31 \pm 0.24\text{mm}$, respectivamente. Os autores concluíram que a colocação de membranas reabsorvíveis em alvéolos pós-extracionais podia prevenir parte da reabsorção óssea (Lekovic e col. 1998).

O mesmo autor, já em 1997, havia publicado um estudo em que utilizaram uma membrana não reabsorvível de politetrafluoretileno (ePTFE), a recobrir os alvéolos pós-extracionais. Contaram com a participação de 10 indivíduos com uma média de idades de 49.8 anos, em que 6 eram do sexo masculino e os restantes do sexo feminino. Todos os participantes necessitavam de duas ou mais extracções, em dentes anteriores ou pré-molares. A técnica cirúrgica foi semelhante à utilizada no estudo publicado em 1998 (Lekovic e col. 1997).

Concluíram que as alterações ósseas eram significativamente menores nos alvéolos onde foi colocada a membrana. Obtiveram como resultado valores de perda óssea vertical de $0.50 \pm 0.22\text{mm}$, no grupo onde foi utilizada a membrana e $1.20 \pm 0.13\text{mm}$ no de controlo. Em termos de perda horizontal, o grupo intervencionado registou o valor de $1.80 \pm 0.51\text{mm}$, enquanto o de controlo obteve $4.40 \pm 0.61\text{mm}$ (Lekovic e col. 1997).

Num outro estudo realizado por Aimetti e col., os autores observaram que passados 3 meses da exodontia de dentes antero-superiores, existia uma redução óssea vestibular na dimensão vertical de 1.2mm e 0.5mm, no grupo de controlo e teste, bem como, uma perda horizontal de 3.2mm e 2.0mm, respectivamente. Testaram a influência do preenchimento do alvéolo pós-extracional com sulfato de cálcio hidratado (MGCSH) na cicatrização do mesmo. Os autores contaram com a presença de 40 participantes, divididos em dois grupos; de forma semelhante a outros estudos, as exodontias foram efectuadas de forma não traumática, na tentativa de preservar as 4 paredes alveolares. Uma guia em resina acrílica autopolimerizável foi fabricada no modelo de estudo para se efectuar as respectivas medições, tanto antes da exodontia, como na altura da avaliação. As suturas foram removidas passados 7 dias. Numa análise histológica existiam diferenças significativas entre o grupo teste e o de controlo; no grupo teste verificaram a presença de osso trabecular constituído por osso imaturo e lamelar, enquanto no grupo de controlo, o osso presente era constituído maioritariamente por

osso imaturo com indícios do início da remodelação. Para além disso, a quantidade de osso trabecular no grupo de teste era de 58.8% \pm 3.5%, valor superior à percentagem existente no grupo de controlo, que por sua vez era de 47.2% \pm 7.7% (Aimetti e col. 2009).

Concluíram que a utilização de MGCSH parecia reduzir a reabsorção do rebordo residual, influenciando de forma positiva o seu volume. Para além disso, consideraram que a sua utilização, promove uma melhor maturação óssea (Aimetti e col. 2009).

No ano 2000, Camargo e col. estudaram o efeito da utilização de partículas de vidro bioactivo nas alterações dimensionais do alvéolo após uma extracção. A avaliação foi efectuada através de reabertura cirúrgica e com utilização de pinos de titânio como referência. Foram utilizados 16 participantes, 8 homens e 8 mulheres, que necessitavam de extrair 2 dentes anteriores ou pré molares, divididos aleatoriamente em dois grupos. Neste estudo foi realizada uma técnica cirúrgica aberta; foi efectuada uma incisão intrasulcular em torno de toda a coroa dos dentes a extrair, seguida de uma extracção pouco traumática, protegendo o osso alveolar. Realizaram-se duas incisões em mesio-vestibular e disto-vestibular até à margem mucogengival, de forma a elevar um retalho vestibular de espessura total para colocação dos pins de referência. Os alvéolos do grupo teste foram preenchidos com partículas de vidro bioactivo, revestidos com sulfato de cálcio e suturados. Os alvéolos do grupo de controlo não foram preenchidos com nenhum tipo de material, sendo suturados de igual forma. Em ambos os grupos as suturas foram removidas passados 7 dias e o registo das alterações dimensionais realizado aos 6 meses, no dia da cirurgia para colocação de implantes (Camargo e col. 2000).

Camargo e col. verificaram uma perda óssea vertical por vestibular de 0.38 \pm 3.18mm no grupo teste e 1.00 \pm 2.25mm no de controlo. Em termos de dimensão horizontal, o grupo teste apresentou uma perda óssea de 3.48 \pm 2.68mm vs 3.06 \pm 2.41mm. Os autores concluíram que o uso de partículas de vidro bioactivo apenas seria efectivo na preservação da dimensão vertical, sendo necessário recorrer a outras técnicas para preservar a dimensão horizontal do rebordo residual (Camargo e col. 2000).

Iasella e col. realizaram um estudo sobre a preservação do rebordo residual, utilizando FDBA e membrana de colagénio. As exodontias foram realizadas de forma a

preservar as 4 paredes do alvéolo, com recurso a odontosecção quando necessário, em regiões não-molares e com recurso a um retalho mucoperiósteo de espessura total. 24 Pacientes foram aleatoriamente divididos em dois grupos, um de controlo e outro de teste, tendo sido realizadas medições passados 6 meses (Iasella e col. 2003).

Os Autores verificaram que em termos de dimensão vertical, houve uma perda óssea de $0.9 \pm 1.6\text{mm}$ no grupo de controlo, ao contrário do verificado no grupo sujeito à técnica de preservação, em que foi visível um ganho ósseo de $1.3 \pm 2.0\text{mm}$. Na dimensão horizontal o grupo teste registou uma menor perda óssea, registando o valor de $1.2 \pm 0.9\text{mm}$ vs $2.6 \pm 2.3\text{mm}$ (Iasella e col. 2003).

De acordo com estes valores, chegaram à conclusão de que a preservação alveolar utilizando FDBA e membrana de colagénio diminuiu a extensão das alterações dimensionais, quando comparado com extracções sem intervenção. Numa análise histológica foi observado um ligeiro aumento da quantidade de osso nos locais onde foi aplicada a respectiva técnica de preservação (Iasella e col. 2003).

Mais recentemente, no ano 2010, Pelegrine e col. procuraram avaliar o potencial da utilização de osso autólogo na preservação do rebordo alveolar. Os resultados obtidos demonstraram uma menor perda óssea horizontal no grupo onde foi utilizado o enxerto autólogo (perda óssea de $1.14 \pm 0.87\text{mm}$), quando comparado com o grupo controlo (perda óssea de $2.46 \pm 0.4\text{mm}$). A perda óssea vertical foi significativamente menor no grupo sujeito ao enxerto ósseo (perda óssea de $0.62 \pm 0.51\text{mm}$ vs $1.17 \pm 0.26\text{mm}$ no grupo controlo, não sujeito a procedimento regenerativo). Os autores concluíram que o enxerto ósseo autólogo podia contribuir significativamente na diminuição da perda óssea após exodontia (Pelegrine e col. 2010).

Casado e col. realizaram um estudo com o intuito de avaliar, clínica e histologicamente, os tecidos formados em alvéolos humanos preenchidos com uma combinação de proteína morfogenética bovina (bBMP) / matriz orgânica bovina (bOM) e membrana reabsorvível, imediatamente após a extracção. Para tal, contaram com a participação de 19 pacientes que necessitavam de realizar exodontias, de dentes uni ou multirradiculares, da mandíbula ou maxila (Casado e col. 2010).

Os autores seleccionaram 46 alvéolos, com defeito em vestibular. Foram realizados quatro grupos: Grupo 1- Não foram alvo de nenhum tipo de intervenção, cicatrizaram normalmente; grupo 2- Alvéolos preenchidos com bBMP associada a

bOM; Grupo 3- Alvéolos preenchidos com bBMP/bOM e revestidos por membrana reabsorvível; Grupo 4- Apenas foi colocado uma membrana reabsorvível sobre os defeitos (Casado e col. 2010).

Passados 4 meses, Casado e col. avaliaram clinicamente os alvéolos, com recurso a uma guia acrílica e sonda periodontal, sendo registada a largura do rebordo e comparada com o registo efectuado antes da intervenção. Uma avaliação histológica foi efectuada nos grupos 2, 3 e 4 (Casado e col. 2010).

Os autores observaram que o grupo 1 não apresentava nenhum aumento significativo da largura do rebordo; pelo contrário, verificaram que nos três grupos de teste houve efectivamente um aumento da largura: $3,0 \pm 0,5$ mm no grupo 2; $2,4 \pm 0,3$ mm no grupo 3 e $2,9 \pm 0,6$ mm no grupo 4. De salientar ainda, que não foi observado evidência de reabsorção em nenhuma localização. Em termos de análise histológica, observaram formação de osso com osteóide, osteoblastos e diferenciação celular nos 3 grupos de teste (Casado e col. 2010).

Casado e col. chegaram à conclusão de que o preenchimento dos alvéolos pós-extracionais com bBMP/bOM, associado ou não à colocação de uma membrana reabsorvível, poderia preservar o rebordo (Casado e col. 2010).

Em 2005, Fiorellini e col. levaram a cabo um estudo que teve como objectivo, avaliar a eficácia da indução óssea pela proteína-2 recombinante morfogenética humana (rhBMP-2) em duas concentrações diferentes, distribuída numa esponja reabsorvível de colagénio (ACS). Os autores contaram com a participação de 80 pacientes, que apresentavam 50% de perda óssea por vestibular após a exodontia de dentes maxilares. Foram divididos em dois grupos de 40 participantes, de forma aleatória, em que 20 receberam 0.75mg/ml ou 1.50mg/ml rhBMP-2/ACS, 10 apenas ACS e 10 sem qualquer tipo de intervenção. A técnica cirúrgica foi efectuada através de incisões sulculares e elevação de retalhos mucoperiósteos de espessura total. Foram realizadas radiografias e biopsias para analisar os resultados obtidos (Fiorellini e col. 2005).

No final do estudo observaram que os alvéolos intervencionados com 1.50mg/ml rhBMP-2/ACS, apresentavam um aumento ósseo significativamente maior do que o observado no grupo de controlo. Numa análise da histologia e densidade óssea, não foram encontradas diferenças entre o novo osso formado e o nativo (Fiorellini e col. 2010).

Estes resultados levaram Fiorellini e col. a concluir que a nova combinação de rhBMP-2 e a esponja de colagénio, apresentava um impressionante efeito na formação de novo osso (Fiorellini e col. 2005).

Serino e col. desenvolveram um estudo com o intuito de avaliar, se a reabsorção alveolar poderia ser prevenida ou reduzida através da utilização de uma esponja reabsorvível de ácido poliláctico-poliglicólico (Serino e col. 2003).

Os alvéolos foram divididos em dois grupos: grupo teste- alvéolos preenchidos com esponja reabsorvível de ácido poliláctico-poliglicólico (26 alvéolos); grupo controlo- alvéolos cicatrizaram sem a colocação do material de preenchimento (13 alvéolos). Foram elevados e suturados retalhos de espessura total, sem tentativa de proporcionar uma cicatrização por primeira intenção. 6 meses após a exodontia, os autores, com auxílio a uma guia, verificaram que o grupo de teste apresentava uma perda óssea, em altura de 0.2mm e 0.1mm em mesio-vestibular e disto-vestibular, perda essa, menor do que a observada no grupo de controlo, em que verificaram uma perda óssea de 0.6mm e 0.8mm, respectivamente. Observaram, inclusivamente, que houve ganho de 1.3mm numa localização pontual do grupo teste. Na análise das biopsias descreveram a presença de osso mineralizado no grupo teste. Afirmaram que as partículas do material de enxerto não eram distinguíveis, e que o osso formado no grupo de controlo também encontrava-se bem estruturado (Serino e col. 2003).

Tendo em conta estes resultados, Serino e col. concluíram que o uso de uma esponja reabsorvível de ácido poliláctico-poliglicólico diminuiu a reabsorção alveolar (Serino e col. 2003).

Uns anos mais tarde, mais especificamente em 2008, Serino e col. publicaram um estudo com o objectivo de avaliar o grau de mineralização óssea e reabsorção do material de enxerto reabsorvível, passados 3 meses da abordagem efectuada ao alvéolo. Neste estudo, 20 participantes foram sujeitos a exodontias de dentes monoradiculares e posteriormente reabilitados com implantes. Após elevação de retalhos de espessura total e extracção dos dentes, metade dos alvéolos foram preenchidos por uma esponja reabsorvível de ácido poliláctico-poliglicólico, constituindo o grupo de teste; no grupo de controlo, a cicatrização ocorreu sem qualquer intervenção. Os retalhos foram suturados sem promover a cicatrização por primeira intenção. Passados 3 meses da

exodontia foram realizadas biópsias em ambos os grupos; no grupo teste, os autores observaram osso novo trabecular, mais mineralizado e bem estruturado. Referiram também, o facto de ser imperceptível a presença de partículas do material de enxerto. O osso formado no grupo de controlo também se encontrava bem estruturado, mas com uma menor percentagem de osso mineralizado. Em ambos os grupos verificaram um maior grau de mineralização na porção apical, comparativamente à coronal (Serino e col. 2008).

Tento em conta as observações efectuadas, concluíram que o uso de esponja reabsorvível de ácido poliláctico-poliglicólico não interferia de forma negativa na formação de novo osso. Para além disso, ainda dizem-nos que o preenchimento de alvéolos com este material, para além de ser seguro e biocompatível, previne a redução do volume e colapso dos tecidos moles dos retalhos (Serino e col. 2008).

Crespi e col. radiografaram as zonas das extracções, antes e 3 meses após a colocação do material de enxerto. Adicionalmente recolheram amostras cilíndricas de osso para análise histológica. Verificaram que a perda óssea vertical foi de 2.48 ± 0.65 mm no grupo intervencionado com sulfato de cálcio (CS), 0.48 ± 0.21 mm no grupo intervencionado com hidroxiapatite reforçada com magnésio (MHA) e 3.75 ± 0.63 mm no grupo onde a cicatrização foi espontânea, o que revelou uma diferença significativa entre a utilização dos dois materiais. Em termos histológicos, observaram que a percentagem de tecido conjuntivo era semelhante nos grupos com CS e MHA, mas em ambos os grupos, mais elevada do que a observada no grupo de controlo. A quantidade de material de enxerto era maior no grupo com MHA, do que no com CS (Crespi e col. 2009).

Crespi e col. concluíram que a utilização de MHA provocava uma menor taxa de reabsorção alveolar do que, quando utilizavam o CS. Para além disso, verificaram uma maior velocidade de reabsorção no grupo que utilizou sulfato de cálcio (Crespi e col. 2009)

As técnicas de preservação do rebordo alveolar reduzem as alterações dimensionais do alvéolo após a extracção, mas não impedem que ocorra perda óssea (Morjaria e col. 2012); segundo a revisão sistemática publicada por Ten Hegeller e col.,

mesmo utilizando as técnicas de preservação, teremos que esperar uma perda horizontal e vertical até 3.48mm e 2.64mm, respetivamente. (Ten Hegeller e col. 2010).

IV. DISCUSSÃO

A heterogeneidade observada nos resultados obtidos pelos diferentes estudos, pode estar relacionada com o facto de serem utilizados diferentes biomateriais, diferentes técnicas cirúrgicas (com ou sem retalho; cicatrização por primeira ou segunda intenção), utilizados diferentes tipos de alvéolos (sua posição, uni ou multirradiculares, número de paredes remanescentes), existência de diferentes indicações para realização das exodontias e os mais diversificados métodos de avaliação aplicados (Vignoletti e col. 2012).

Técnica Cirúrgica

Esta temática tem sido controversa, alguns autores como Fickl e col. afirmaram que quando utilizada uma técnica cirúrgica sem retalho, a reabsorção óssea vai ser menor (Fickl e col. 2008, 2009).

Araújo & Lindhe em 2009 não encontraram diferenças nas alterações dimensionais registadas nos alvéolos, quando efectuadas técnicas cirúrgicas diferentes (Araújo & Lindhe 2009). Ideia partilhada por Iasella e col., dizendo-nos que a reabsorção óssea ocorre quando a cirurgia é realizada, com ou sem elevação de retalhos, sendo mínima a contribuição do retalho; mas alertando para o facto, de que a sua elevação pode influenciar a estética da papila, sendo necessário um maior cuidado na realização do planeamento (Iasella e col. 2003).

Na opinião de Moghaddas & Stahl, a elevação de retalhos pode provocar uma reabsorção óssea até 1 mm (Moghaddas & Stahl 1980).

Morfologia e localização do alvéolo pós-extracional

A altura, espessura e número de paredes remanescentes do alvéolo, desempenham um papel importante, influenciando os resultados obtidos. Os próximos estudos deverão utilizar um maior número de pacientes para que estas variáveis sejam avaliadas (Lekovic e col. 1997). Estudos em animais e humanos mostraram que alvéolos pós-extracionais, na presença de paredes intactas, eram capazes de regenerar por si só (McAllister e Haghighat 2007).

O processo de remodelação óssea é influenciado pela localização e espessura das paredes do alvéolo (Ferrus e col. 2010). Os alvéolos pós-extracionais localizados na região anterior da maxila, geralmente apresentam uma parede vestibular muito fina, ou até mesmo ausente, o que provoca uma maior reabsorção e, conseqüentemente uma dificuldade acrescida na colocação de implantes (Pietrokovski & Massler 1967). Na análise dos vários estudos, foram observados diferentes padrões de cicatrização. A ausência ou presença de dentes adjacentes, bem como, o nível ósseo existente nos mesmos, pode ser responsável por tal acontecimento (Barone e col. 2008).

Uso de membranas na preservação do alvéolo pós-extracional

Lekovic e col. levaram a cabo estudos acerca da utilização de membranas não reabsorvíveis e reabsorvíveis na preservação alveolar. Os autores concluíram que existia uma menor perda óssea quando utilizavam qualquer um dos tipos de membrana (Lekovic e col. 1997, 1998). No estudo publicado em 1998, Lekovic e col. observaram que nenhuma das membranas biodegradáveis colocadas, sofreu exposição precoce; o que demonstra a biocompatibilidade latente dos polímeros glicólicos e lácticos (Lekovic e col. 1998).

A exposição da membrana afecta a cicatrização e dimensões do rebordo, devido à presença de bactérias (Lekovic e col. 1997), sendo considerada uma complicação dos procedimentos de regeneração óssea guiada (ROG) (Simion e col. 1994). A exposição

precoce da membrana não reabsorvível, provoca uma alteração nas dimensões e cicatrização do alvéolo; a contaminação bacteriana, faz com que a perda óssea seja semelhante à registada aquando da cicatrização sem técnicas de preservação, inviabilizando a sua função (Nowzari & Slots 1995). A reacção inflamatória resultante produz um aumento da reabsorção óssea, o que por sua vez diminui os efeitos regenerativos do procedimento (Simion e col. 1994).

Sendo assim, e segundo Lekovic e col., as membranas não reabsorvíveis, nomeadamente a ePTFE, apresentam duas desvantagens: o risco de colonização bacteriana resultante da sua exposição durante o período de cicatrização; para além disso, requer uma segunda intervenção cirúrgica para a sua remoção. Desvantagens essas resolvidas através da utilização de membranas reabsorvíveis e biocompatíveis (Lekovic e col. 1998). Lundgren e col. partilham da mesma opinião ao demonstrarem que as membranas reabsorvíveis apresentam resultados positivos, quando utilizadas em procedimentos de ROG (Lundgren e col. 2004). Tendo em conta que os resultados obtidos por Lekovic e col. foram semelhantes quando utilizadas membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis, sugere-se que os polímeros glicólicos e lácticos apresentam uma taxa de reabsorção que permite uma regeneração óssea em condições. Um factor importante a ter em conta quando utilizadas membranas reabsorvíveis, é a velocidade da sua reabsorção; sabe-se que devem permanecer no lugar durante cerca de 6 semanas, de forma a promover a regeneração (Lekovic e col. 1998).

Apesar de todas estas certezas, o mecanismo exacto da forma como a membrana reabsorvível aumenta o volume ósseo do alvéolo não é consensual; alguns autores defendem que esta impede a migração de células, do tecido epitelial e conjuntivo (Gottlow 1994); outros afirmam que apenas serve de auxílio na estabilização do coágulo (Wikesjo e col. 1992).

O recobrimento do local enxertado com avanço de retalho coronal ou membranas pode aumentar a estabilização do coágulo e proporcionar uma cicatrização normal (Wang e col. 2004).

A utilização apenas de membrana apresenta piores resultados do que a utilização única de enxerto, quando avaliada a reabsorção óssea a nível vertical. Por outro lado, o uso apenas de membrana é mais eficiente na preservação da dimensão horizontal do rebordo, quando comparada com o uso de enxerto ou mesmo combinação

enxerto/membrana (Vignoletti e col. 2012). Quando a membrana não está suportada por material de enxerto, existe risco de colapso da mesma (Buser e col. 1998). A combinação de um material de enxerto reabsorvível, para preenchimento do alvéolo, associado a uma barreira mecânica, torna-o tolerante à exposição intra-oral, sem provocar uma excessiva inflamação, contornando os problemas que advêm da utilização de membranas não reabsorvíveis (Camargo e col. 2000).

	Vantagens	Desvantagens
Não Reabsorvíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Sucesso demonstrado por vários estudos; • Podem ser reforçadas com titânio; • Intactas até sua remoção; • Melhor preenchimento ósseo, quando não exposta; • Resposta tecidual mínima, se não exposta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de segunda cirurgia para sua remoção; • Aumento da morbidade; • Tem de ser removida quando exposta; • Técnica sensível.
Reabsorvíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Sucesso demonstrado por vários estudos; • Não necessita de remoção cirúrgica; • Baixa morbidade; • Promove a cicatrização dos tecidos moles; • Reação amigável dos tecidos, quando exposta; • Não necessita de ser removida quando exposta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de função barreira incerto; • Ligeiro menor preenchimento ósseo do que as não reabsorvíveis; • Resposta inflamatória pode interferir com cicatrização; • Técnica sensível.

Fig.3 Vantagens de Desvantagens da utilização de membranas não reabsorvíveis e reabsorvíveis (Adaptado de Irinakis T 2006).

Biocompatibilidade e reabsorção dos materiais utilizados

A eficácia clínica e histológica dos procedimentos de aumento do volume ósseo, está dependente do tipo, fonte, biocompatibilidade e habilidade para manutenção do volume, quer por parte das membranas, quer pelos materiais de enxerto (McClelland & Delustro 1996). Alguns autores, argumentam que o uso de materiais de enxerto pode interferir com o processo de cicatrização normal dos alvéolos (Pinholt e col. 1991). Estudos realizados em humanos evidenciaram a presença de partículas dos materiais de enxerto, nos alvéolos pós extracionais, 6 a 9 meses após a sua colocação (Serino e col. 2003). Apesar disso, Borrelli e col. demonstraram que existem materiais, como o sulfato

de cálcio (CS), que são completamente reabsorvidos, não interferindo com a cicatrização normal, sendo viável a sua utilização no preenchimento de defeitos ósseos e elevação do seio maxilar (Borrelli e col. 2003).

No estudo de Crespi e col., a diminuída quantidade de material de enxerto remanescente observada na altura da avaliação, vai de encontro ao afirmado por Borrelli e col., reforçando a ideia de que o CS tem a habilidade de guiar a formação óssea (De Leonardis & Pecora 2000).

De modo semelhante, Serino e col. observaram que a utilização de uma esponja reabsorvível de ácido poliglicólico-polilático na preservação do alvéolo, não interferia com a formação óssea. Não foram reportadas reacções adversas por parte do hospedeiro, sendo o material de enxerto totalmente reabsorvido. Para além disso, o osso formado era rico em osteoblastos e novos vasos sanguíneos, o que pressupõe a sua utilização viável no preenchimento de alvéolos pós extracionais, quando se pretende prevenir a redução do volume ósseo, bem como o colapso dos tecidos subjacentes (Serino e col. 2008).

Para além do mais, nos casos em que não ocorreu reabsorção completa do material de enxerto, como foi verificado por Barone e col., não foram observados sinais de inflamação a rodear as partículas do xenoenxerto, demonstrando que os tipos de enxerto utilizado eram seguros e biocompatíveis (Barone e col. 2008). Contudo, a não reabsorção dos enxertos poderá ter influência nas medições efectuadas, como foi sugerido por Iasella e col. ao verificarem a existência de uma localização onde houve aumento do nível ósseo em 1.3mm, o que pode ser explicado pelo preenchimento em excesso do material de enxerto, dado que na análise histológica este encontrava-se presente numa percentagem de 37% (Iasella e col. 2003). Contudo, o enxerto de osso liofilizado (FDBA), utilizado por Iasella e col. é o aloenxerto mais utilizado, participando na formação de novo osso (Wang e col. 2004).

Barone e col. demonstraram uma maior perda óssea no grupo de controlo em comparação com o grupo de teste, onde utilizaram xenoenxerto ósseo porcino. A diferença foi de aproximadamente 2mm, tanto vertical como horizontalmente. O longo tempo de *follow-up* e a persistência de material de enxerto podem ter influenciado directamente os resultados obtidos. O xenoenxerto persiste durante um longo período de tempo, não é reabsorvido completamente (Barone e col. 2008).

Mais investigação terá de ser efectuada para se compreender os fenómenos de reabsorção dos biomateriais de enxerto (Crespi e col. 2009).

Utilização de enxertos, ROG e recurso a factores de crescimento

O uso de enxertos autólogos, aloenxertos, xenoenxertos, procedimentos de ROG, e mais recentemente, o recurso a factores de crescimento, tem apresentado diferentes taxas de sucesso. A utilização de todos eles tem em comum um mesmo objectivo, que passa pela manutenção das dimensões anatómicas do alvéolo (Wang e col. 2004). Este objectivo é particularmente importante, quando o plano de tratamento delineado passa pela colocação de implantes, assegurando a melhor disponibilidade óssea; só assim se pode alcançar uma reabilitação de sucesso (Tarnow & Eskow 1996). O sucesso relativo da utilização de cada biomaterial depende de vários factores, incluindo a sua aplicação e técnica cirúrgica, bem como as suas propriedades intrínsecas (Wozney 2002), nomeadamente, a presença de proteínas osteoindutoras (Nevins & Mellonig 1994).

Segundo Buck & Malinin os materiais anteriormente referidos, têm várias formas de apresentação e, actualmente existe evidência científica de que a sua aplicação clínica é segura (Buck & Malinin 1994).

Vários investigadores têm vindo a demonstrar que os procedimentos de manutenção óssea, através do uso de diferentes biomateriais na altura da exodontia, diminuem a perda óssea, o que favorece o prognóstico da reabilitação (Becker e col. 2002). Técnicas de aumento de volume ósseo têm vindo a ser desenvolvidas através de regeneração óssea. A ROG tem por base a utilização de uma membrana sobre o defeito, mantendo o espaço necessário para migração de células osteogénicas e prevenção da migração de células indesejadas, provenientes dos tecidos circundantes, para o interior da ferida (Gottlow e col. 1986).

A técnica utilizada por Casado e col. permitiu a manutenção do tecido mole adjacente (Casado e col. 2010), atingindo óptimos resultados estéticos (Wang & Tsao 2007). O estudo de Casado e col. avaliou clínica e histologicamente, a formação de tecido em alvéolos humanos com defeitos vestibulares, utilizando uma proteína morfogenética bovina (bBMP), uma matriz orgânica bovina (bOM) e uma membrana reabsorvível (AM), imediatamente após a exodontia (Casado e col. 2010).

Casado e col. verificaram que no grupo de controlo onde ocorreu cicatrização espontânea, não foi possível manter a dimensão do rebordo, verificando-se a presença de defeitos críticos por vestibular, numa observação aos 4 meses. Pelo contrário, os grupos de teste intervencionados com bBMP, bOM e AM, registaram uma média de crescimento ósseo satisfatória, sugerindo que esta técnica é eficiente na manutenção do rebordo após exodontia. Portanto, a associação entre enxertos ósseos e uma membrana reabsorvível, num alvéolo com defeito vestibular, mostrou ser eficiente na manutenção do rebordo alveolar; esta associação para além de preencher os defeitos ósseos, previne o colapso da membrana (Casado e col. 2010; Barboza 1999). Para além disso, o uso de membrana não interferiu com a formação óssea, estando indicada a sua utilização como portador de bBMP na regeneração óssea guiada (Casado e col. 2010).

Casado e col. concluíram que o uso de bBMP/bOM, com ou sem membrana reabsorvível, pode preservar as dimensões do rebordo, verificando-se uma formação óssea viável. A membrana quando usada deverá ser associada a materiais de enxerto para evitar o seu colapso. Segundo os autores, 4 meses será o tempo suficiente para que haja uma formação óssea adequada (Casado e col. 2010).

O recurso a técnicas cirúrgicas com elevação de retalho promove uma melhor protecção do material de enxerto. Apesar disso, Aimetti e col. não o fizeram, com o intuito de não provocar desarmonias mucogengivais e reduzir a activação osteoclástica (Aimetti e col. 2009), que por sua vez provoca uma reabsorção na camada superficial do osso alveolar (Wood e col. 1972). Este fenómeno é ainda mais preocupante quando afecta a zona anterior da maxila, onde a cortical é normalmente fina (Aimetti e col. 2009).

Apesar de Aimetti e col. não promoverem uma cicatrização por primeira intenção, a cicatrização epitelial dos alvéolos com sulfato de cálcio (CS) ocorreu no mesmo período de tempo que a cicatrização dos alvéolos do grupo de controlo; esta condição, e o facto de na altura da observação ter-se verificado que existia um completo preenchimento ósseo, levaram a que os autores concluíssem que o uso de sulfato de cálcio em alvéolos pós extracionais, sem elevação de retalho, é uma técnica clinicamente aplicável (Aimetti e col. 2009).

O sulfato de cálcio é um substituto ósseo válido (Guarnieri e col. 2004) que é reabsorvido e totalmente substituído por osso, em 35 dias (Bell 1976). O sulfato de cálcio não interfere com a cicatrização natural dos alvéolos e favorece a diminuição da reabsorção óssea, preservando o seu volume. Apresenta uma taxa de maturação óssea tanto maior, quanto mais apical for a zona analisada, tal como se observa nos alvéolos do grupo de controlo (Aimetti e col. 2009). Para além disso, o sulfato de cálcio é efectivo na regeneração óssea em redor de dentes naturais (Conner 1996; Sotossanti 1993).

O sulfato de cálcio parece ter um grande impacto na manutenção da altura vestibular do rebordo residual (Aimetti e col. 2009), o que é relevante clinicamente tendo em conta que, durante a cicatrização, a reabsorção óssea é mais pronunciada em vestibular do que em palatino (Camargo e col. 2000). Contudo, a perda óssea no grupo de controlo foi pouca, minimizando a preservação obtida no grupo de teste, não tendo impacto no resultado final de uma possível reabilitação (Ten Heggeler e col. 2010).

Camargo e col. verificaram que os resultados de perda óssea vertical, em vestibular, no grupo submetido a uma intervenção com sulfato de cálcio, eram semelhantes aos registados por Lekovic e col. quando utilizaram membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis. Também verificaram que a perda vertical existente no grupo de controlo foi inferior à verificada por Lekovic e col; os alvéolos do grupo de controlo foram deixados abertos por Camargo e col., enquanto que, Lekovic e col., cobriram completamente os mesmos, através do avanço do retalho vestibular. Fica a ideia de que o avanço de retalhos aumenta a reabsorção óssea. Por outro lado, quando os tecidos gengivais são mantidos longe do alvéolo, durante os períodos iniciais da cicatrização, ao deixar o alvéolo aberto, uma menor reabsorção óssea é verificada (Camargo e col. 2000). Verificou-se o mesmo quando avaliada a reabsorção horizontal, já que o grupo de controlo de Camargo e col. apresentou uma menor perda óssea horizontal, reforçando a ideia de que quando não são efectuadas técnicas de preservação, a não elevação de retalhos melhora o prognóstico (Camargo e col. 2000).

Em termos de perda óssea horizontal dos alvéolos sujeitos a técnica de preservação, os resultados obtidos por Lekovic e col., foram mais animadores do que os observados por Camargo e col.; uma possível explicação para o sucedido poderá ser o

facto de o sulfato de cálcio apresentar uma taxa de reabsorção superior à das membranas de ePTFE e ácido poliglicólico-poliláctico. (Camargo e col. 2000).

Comparando os resultados obtidos por Camargo e col. com estudos realizados anteriormente, o preenchimento ósseo do alvéolo registado por Camargo e col. sugere que o efeito de barreira, efectuado pelo sulfato de cálcio, bem como a presença de vidro bioactivo, favorece a osteogénese durante a cicatrização. De salientar que a análise de muitas das áreas mostrou que o sulfato de cálcio se encontrava completamente coberto por tecido gengival; aos 14 dias todas se encontravam cobertas (Camargo e col. 2000).

Concluíram que para preservar o rebordo residual em largura a técnica utilizada pelos mesmos, não é tão eficaz como quando utilizadas as membranas de ePTFE e ácido poliglicólico-poliláctico (Camargo e col. 2000).

Apesar de integrarem as BMP's na categoria dos factores de crescimento, estas proteínas são diferentes (Saldanha e col. 2002), estando comprovada a sua capacidade indutora e de reparação de defeitos ósseos (Boyne e col. 1997). Howell e col. demonstraram a sua segurança e fiabilidade em humanos, observando que as rhBMP-2 são bem toleradas localmente e sistemicamente, não produzindo reacções adversas (Howell e col. 1997).

Foi com base nestas ideias que Fiorellini e col. observaram excelentes resultados utilizando rhBMP-2 a 1.50 mg/ml, relatando que a altura do rebordo poderia ser praticamente mantida (Fiorellini e col. 2005). Observaram que no grupo de controlo apenas houve cicatrização parcial, contrariamente ao registado nos alvéolos aos quais foi aplicado rhBMP-2, onde a quantidade óssea formada permitiu um suporte eficaz para a colocação de implantes. A ausência de complicações neste procedimento, maximiza o volume de osso formado, reduzindo o número de visitas do paciente. Para além disso, os pacientes não necessitam de enxertos provenientes de zonas secundárias, como a crista ilíaca, reduzindo a morbilidade dos mesmos (Fiorellini e col. 2005).

Crespi e col. observaram que os alvéolos intervencionados com MHA apresentavam bons resultados, em termos de preservação vertical do rebordo, ao registarem pouca perda óssea, mais precisamente, $-0.48 \pm 0.21\text{mm}$; valor esse, significativamente inferior aos alcançados, tanto no grupo intervencionado com sulfato de cálcio (CS), como no grupo de controlo, cujos resultados foram de $-2.48 \pm 0.65\text{ mm}$

e $-3.75 \pm 0.63\text{mm}$. O facto de o grupo intervencionado com CS ter apresentado uma maior redução do rebordo alveolar (Crespi e col. 2009), pode estar relacionado com uma maior velocidade de reabsorção do biomaterial, quando comparado com a hidroxiapatite, tal como observou Guarnieri e col. em 2004. O resultado observado por Crespi e col. pode ter sido influenciado pelo critério de selecção dos alvéolos; isto porque os alvéolos seleccionados para o estudo apresentavam paredes pouco integras, alguns inclusivamente com ausência da parede vestibular, fazendo com que prognóstico fosse logo à partida, menos favorável para os alvéolos em que não foi aplicada nenhuma técnica de preservação, como os do grupo de controlo (Crespi e col. 2009).

Os resultados do estudo de Serino e col. sugerem que a utilização de uma esponja sintética, reabsorvível de ácido poliglicólico e poliláctico, diminui a perda óssea em altura, por promover a formação de novo osso (Serino e col. 2003).

Na interpretação dos resultados obtidos por Serino e col., deve ter-se em consideração o facto de a parede vestibular dos alvéolos ser mais fina e menos corticalizada na maxila, quando comparada com a mandíbula; facto que sugere um maior potencial de regeneração, da parede em falta, na região mandibular; 35% dos alvéolos do grupo de teste eram mandibulares, enquanto no grupo de controlo a percentagem era inferior, sendo de 23%, o que pressupõe um melhor prognóstico para o grupo de teste (Serino e col. 2003).

O uso deste material em forma de esponja parece apresentar uma vantagem clínica, quando utilizado em alvéolos onde a parede vestibular está completamente ou parcialmente ausente; Por outro lado, em estudos nos quais se utilizam materiais sintéticos ou enxertos derivados de animais, as partículas podem desencadear uma reacção de corpo estranho, por parte do hospedeiro (Berglundh & Lindhe 1977), caracterizada por uma resposta lenta que interfere com a formação óssea (Buser e col. 1998). O tratamento efectuado em alvéolos com história de abscessos repetidos, necessita de ser optimizado. Os autores constataram que nestes casos, a porção central do alvéolo não estava completamente ossificada passados 6 meses da extracção (Serino e col. 2003).

Os contornos originais foram preservados, até mesmo aumentados ligeiramente, quando foram colocados porções adicionais de enxerto extra alveolar na face vestibular

da porção coronal do alvéolo (Simon e col. 2000). Esta colocação adicional de material de enxerto é essencial na manutenção do contorno, quando as exodontias ocorrem na zona maxilar anterior. As técnicas de preservação devem ser diferentes, tendo em conta a localização do alvéolo (anterior ou posterior). Uma técnica baseada, apenas na colocação do material de enxerto dentro do alvéolo, será indicada em zonas posteriores (Iasella e col. 2003).

É indiscutível que a preservação do rebordo é fundamental para obtenção de uma reabilitação apropriada, incluindo a colocação de implantes (Barone e col. 2008). Existe evidência de que a necessidade de aumento ósseo, em alvéolos submetidos anteriormente a técnicas de preservação, é menor do que nos que cicatrizam normalmente (Fiorellini e col. 2005). Contudo, após a aplicação de enxertos poderá ocorrer perda óssea, diminuindo a largura e altura do rebordo residual. O Suprimento sanguíneo inadequado, lenta taxa de revascularização, e recrutamento de osteoblastos, podem ser responsáveis por essa perda (Vance e col. 2004). Até mesmo um alvéolo intacto, que apresenta 6 a 8mm de espessura óssea na altura da extração, pode tornar-se impróprio para reabilitação, passado 1 ano, ou até mesmo inviável após 3 anos (Casado e col. 2010).

É sobre a dimensão horizontal do rebordo alveolar, que as técnicas de preservação são mais eficientes (Schropp e col. 2003). Só será possível avaliar a largura total do rebordo, considerando o osso e tecidos moles como uma entidade. Apesar dos estudos incidirem especialmente sobre a perda óssea, é necessário ter em conta, a perda de tecidos moles; só com uma abordagem combinada destes dois factores, se consegue obter óptimos resultados estéticos, em reabilitações com pontes, coroas e implantes (Iasella e col. 2003). A própria consistência do material de enxerto mantém os retalhos na sua posição, o que não se verifica muitas vezes no grupo de controlo, em que há um colapso desses tecidos (Serino e col. 2008).

A perda da espessura dos tecidos moles pode ser provocada pela interferência, das membranas e enxertos, na vascularização do retalho (Kirkland e col. 2000). A membrana ao estar entre o retalho e a superfície óssea, faz com que a vascularização provenha apenas do retalho, não havendo uma contribuição do osso subjacente, como ocorre nos casos não enxertados (Iasella e col. 2003).

Os investigadores continuam a estudar moléculas que estimulem a formação óssea e a considerar factores como, nutrientes, hormonas e idade, procurando ser capazes de escolher a terapia mais adequada para cada paciente (Fiorellini e col. 2005).

V. CONCLUSÃO

Após a realização de uma exodontia ocorre inevitavelmente uma reabsorção, caracterizada por uma perda óssea que se traduz numa alteração dimensional das estruturas remanescentes, nomeadamente no osso.

O facto de a reabsorção afectar tanto a altura como a largura do rebordo residual é consensual entre a comunidade científica, bem como, a evidência de que a perda óssea registada a nível horizontal é mais exacerbada do que a observada na dimensão vertical.

Contudo, existem diversas técnicas de preservação alveolar que, apesar de não evitarem, permitem minimizar as alterações dimensionais que advém do fenómeno anteriormente descrito. O que não existe actualmente é um consenso acerca de qual a técnica mais eficaz para o fazer. Os estudos realizados na tentativa de determinar qual a técnica mais eficiente, estão rodeados de múltiplas variáveis que influenciam directamente os resultados obtidos, como por exemplo: as técnicas cirúrgicas, diferentes biomateriais utilizados, diferentes períodos de *follow up*, variadas técnicas de observação, entre outras.

No futuro será necessário realizar mais estudos sobre o tema e de forma a uniformizar os métodos, com base nos quais são efectuados, para que possamos chegar a conclusões mais concretas e direccionarmos a nossa prática clínica com base em evidência cada vez mais sustentada.

VI. BIBLIOGRAFIA

Adriaens PA. Preservation of bony sites. In: Lang NP, Karring T & Lindhe J, eds. *Proceedings of the Third European Workshop on Periodontology: Implant Dentistry*. 1999; 266–280.

Aimetti M, Romano F, Griga FB, Godio L. Clinical and histologic healing of human extraction sockets filled with calcium sulfate. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2009; 24:902–909.

Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surgery Oral Medical Oral Pathology* 1969; 27:309–318.

Araújo MG, Berglundh T, Lindhe J. On the dynamics of periodontal tissue formation in degree III furcation defects. An experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 1997; 24:738–746.

Araújo MG, Berglundh T, Albrektsson T, Lindhe J. Bone formation in furcation defects. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 1999; 26:643–652.

Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction: an experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 2005; 32:212–218.

Araújo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clinical oral implants research* 2009; 20:545–549.

Artzi Z, Tal H, Dayan D. Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part I. Histomorphometric evaluation at 9 months. *J Periodontol* 2000; 71:1015-1023.

Barboza EP. Clinical and histological evaluation of the demineralized freeze-dried bone membrane used for ridge augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999; 19:601-607.

Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo Guirado JL, Covani U. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study. *Journal of Periodontology* 2008; 79:1370–1377.

Bartee BK. Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 1: rationale and materials selection. *Journal of Oral Implantology* 2001; 27:187–193.

Becker W, Hujoel P, Becker BE. Effect of barrier membrane and autologous bone grafts on ridge width preservation around implants. *Clin Implant Dentist Relat Res*. 2002; 4:143-149.

Bell WH. Resorption characteristics of bone substitutes. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976; 47:256-260. Berglundh T, Lindhe J. Healing around implants placed in bone defects with Bio-Oss. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implant Research* 1977; 8:117-124.

Boyne PJ, Marx RE, Nevins M, et al. A feasibility study evaluating rhBMP-2/absorbable collagen sponge for maxillary sinus floor augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997; 17:11-25.

Borrelli J, Prickett WD, Ricci WM. Treatment of nonunions and osseous defects with bone graft and calcium sulfate. *Clin Orthop Relat Res* 2003; 411:245-254.

Brkovic BM, Prasad HS, Konandreas G, Milan R, Antunovic D, Sándor GK, et al. Simple preservation of a maxillary extraction socket using beta-tricalcium phosphate with type I collagen: preliminary clinical and histomorphometric observations. *J Can Dent Assoc* 2008 Jul-Aug; 74(6):523-8.

Buck BE, Malinin TI. Human bone and tissue allografts. Preparation and safety. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1994; 303:8-17.

Buser D, Hoffmann B, Bernard JP, Lussi A, Mettler D, Schenk RK. Evaluation of filling materials in membrane-protected defect. *Clinical Oral Implants Research* 1998; 3:137-150.

Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M, Klokkevold PR, Kenney EB, Dimitrijevic B, et al. Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 2000; 90:581-586.

Cammack GV, Nevins M, Clem DS, Hatch JP, Mellonig JT. Histologic evaluation of mineralized and demineralized freeze-dried bone allograft for ridge and sinus augmentations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005; 25:231-237.

Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 2003; 30:809-818.

Carlsson GE, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy*. 1967; 18(1):27-54.

Casado PL, Duarte ME, Carvalho W, Esmeraldo da Silva L, Barboza EP. Ridge bone maintenance in human after extraction. *Implant Dentistry* 2010; 19:314–322.

Cohen ES. Ridge enhancement and socket preservation utilizing the subepithelial connective tissue graft: a case report. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1995; 7:53–58.

Cohn SA. Disuse atrophy of the periodontium in mice following partial loss of function. *Archives of Oral Biology* 1966; 95-105.

Conner HD. Bone grafting with a calcium sulfate barrier after root amputation. *Compend Cont Educ Dent* 1996; 17:42-6.

Crespi R, Cappare P, Gherlone E. Magnesium-enriched hydroxyapatite compared to calcium sulfate in the healing of human extraction sockets: radiographic and histomorphometric evaluation at 3 months. *Journal of Periodontology* 2009; 80:210-218.

Cutright DE, Perez B, Larson WJ, Posey WR. Degradation rates of polymers and copolymers of polylactic and polyglycolic acid. *Oral Surgery* 1974; 37:142–152.

De Leonardis D, Pecora GE. Prospective study on the augmentation of the maxillary sinus with calcium sulfate. Histological results. *J Periodontol* 2000; 71:940-947.

Elia N, Cho SC, Froum S, Smith RB, Tarnow DP. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2007 Mar; 19(2):99-104.

Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clinical Oral Implants Research* 2010; 21:22–29.

Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *Journal of Clinical Periodontology* 2008; 35:356–363.

Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Stappert CF, Stein JM, Hurzeler MB. Dimensional changes of the alveolar ridge contour after different socket preservation techniques. *Journal of Clinical Periodontology* 2008; 35:906–913.

Fiorellini JP, Howell TH, Cochran D, Malmquist J, Lilly LC, Spagnoli D, et al. Randomized study evaluating recombinant human bone morphogenetic protein-2 for extraction socket augmentation. *Journal of Periodontology* 2005; 76:605–613.

Garetto LP, Chen J, Parr JA, Roberts WE. Remodeling dynamics of bone supporting rigidly fixed titanium implants: a histomorphometric comparison in four species including humans. *Implant Dent* 1995; 4:235–243.

Gottlow J, Nyman S, Lindhe J, Karring T, Wennstrom J. New attachment formation in the human periodontium by guided tissue regeneration. Case reports. *Journal of Clinical Periodontology* 1986; 13: 604–616.

Gottlow J. Periodontal regeneration. In: Lang NP, Karring T, eds. *Proceedings of the 1st European Workshop in Periodontology*. London: Quintessence Publishing Company, 1994. 172-192.

Guarnieri R, Pecora G, Fini M, Aldini NN, Giardino R, Orsini G, et al. Medical-grade calcium sulfate hemihydrate in healing of human extraction sockets: Clinical and histological observations at 3 months. *J Periodontol* 2004; 75:902-908.

Hench LL, Wilson J. Biocompatibility of silicates for medical use. *Ciba Found Symp* 1986; 121:231-46.

Howell TH, Fiorellini J, Jones A, Alder M, Nummikoski P, Lazaro M, et al. A feasibility study evaluating rhBMP-2/absorbable collagen sponge device for local alveolar ridge preservation or augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997; 17:125-140.

Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Drisko C, Bohra AA, Scheetz JP. Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *Journal of Periodontology* 2003; 74: 990–999.

Irinakis T. Rationale for socket preservation after extraction of a single-rooted tooth when planning for future implant placement. *J Can Dent Assoc* 2006 Dec; 72(10):917-22.

Jahangiri L, Devlin H, Ting K, Nishimura I. Current perspectives in residual ridge remodeling and its clinical implications: a review. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1998; 80:224–237.

Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following tooth extraction. *Austral Dent J* 1969; 14:241-244.

Johnson K. A study of dimensional changes occurring in the maxilla following closed face immediate denture treatment. *Austral Dent J* 1969; 14:371-376.

Kirkland G, Greenwell H, Drisko C, Wittwer JW, Yancey J, Rebitski G. Hard tissue ridge augmentation using a resorbable membrane and a particulate graft without complete flap closure. *Int J Periodontis Restorative Dent* 2000; 20:383-389.

Laurencin, C.T.&Lane, J.M. (1999) Poly-lactide acid and poly-glycolide acid: orthopedic and surgery applications. In: *Tissue Engineering: Application in Maxillofacial Surgery and Periodontics*, 325–339. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc.

Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M, Han T, Klokkevold P, Nedic M, Orsini M. A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *Journal of Periodontology* 1997; 68:563–570.

Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B, Nedic M. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *Journal of Periodontology* 1998; 69:1044–1049.

Lin WL, McCulloch CA, Cho MI. Differentiation of periodontal ligament fibroblasts into osteoblasts during socket healing after tooth extraction in the rat. *Anatomical Records* 1994; 492–506.

Lundgren D, Sannerby L, Falk H, Friberg B, Nyman S. The use of a new bioresorbable barrier for guide bone regeneration in connection in implant installation. Case reports. *Clin Oral Implants Res* 1994; 5:177-184.

McAllister BS, Haghighat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol* 2007; 78:377-396.

McClelland M, Delustro P. Evaluation of antibody class in response to bovine collagen treatment in patients with urinary incontinence. *J Urol* 1996; 155:2068-2073.

Moghaddas H, Stahl SS. Alveolar bone remodeling following osseous surgery. A clinical study. *J Periodontol* 1980; 51:376-381.

Morjaria KR, Wilson R, Palmer RM. Bone Healing after Tooth Extraction with or without an Intervention: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012 Mar 8.

Nevins M, Mellonig JT. The advantages of localized ridge augmentation prior to implant placement. A staged event. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994; 14:97-111.

Nowzari H, Slots J. Microbiologic and clinical study of expanded polytetrafluoroethylene membranes for guided bone regeneration around implants. *Int J Oral Maxilofac Implants* 1995; 10:67-73.

Nyman S, Karring T, Bergenholtz G. Bone regeneration in alveolar bone dehiscences produced by jiggling forces. *J Periodontal Res* 1982 May; 17(3):316-22.

Okamoto T, Onofre Da Silva A. Histological study on the healing of rat dental sockets after partial removal of the buccal bony plate. *J Nihon Univ Sch Dent* 1983; 25:202-213.

Paolantonio M, Dolci M, Scarano A, d'Archivio D, di Placido G, Tumini V, et al. Immediate implantation in fresh extraction sockets: A controlled clinical and histological study in man. *J Periodontol* 2001; 72:1560–1571.

Pelegri AA, da Costa CE, Correa ME, Marques JF Jr. Clinical and histomorphometric evaluation of extraction sockets treated with an autologous bone marrow graft. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21:535–542.

Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967; 17:21-27.

Pinho MN, Roriz VL, Novaes AB.Jr, Taba M.Jr, Grisi MF, de Souza SL, et al. Titanium membranes in prevention of alveolar collapse after tooth extraction. *Implant Dentistry* 2006; 15:53–61.

Pinholt EM, Bang G, Haanaes HR. Alveolar ridge augmentation in rats by Bio-Oss. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1991; 99:154–161.

Ripamonti U. The morphogenesis of bone in replicas of porous hydroxyapatite obtained from conversion of calcium carbonate exoskeletons of coral. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73:692-703.

Saldanha J, Casati M, Neto F, Sallum E, Nociti F. Smoking may affect the alveolar process dimensions and radiographic bone density in maxillary extraction sites: A prospective study in humans. *J Oral Maxillofac Surg* 2006; 64:1359-1365.

Serino G, Biancu S, Iezzi G, Piattelli A. Ridge preservation following tooth extraction using a polylactide and polyglycolide sponge as space filler: a clinical and histological study in humans. *Clinical Oral Implants Research* 2003; 14:651–658.

Serino G, Rao W, Iezzi G, Piattelli A. Polylactide and polyglycolide sponge used in human extraction sockets: bone formation following 3 months after its application. *Clinical Oral Implants Research* 2008; 19:26–31.

Schenk RK, Hunziker EB. Histologic and ultrastructural features of fracture healing. In: Brighton, C. T., Friedlaender, G. & Lane, J. M. (eds). *Bone Formation and Repair*, pp. 117–146. Rosemont, IL, USA: American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1994

Schepers EJC, de Clercq M, Ducheyne P, Kempeneers R. Bioactive glass particulate material as a filler for bone lesions. *J Oral Rehabil* 1991;18:439-52.

Schroeder, H. E. *The periodontium*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag 1986.

Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2003; 23: 313–323.

Sciar AG. Strategies for management of single-tooth extraction sites in aesthetic implant therapy. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62(Suppl. 2):90-105.

Selvig K, Nilveus RE, Fitzmorris L, Kersten B, Khorsadi SS. Scanning electron microscopic observation of cell population and bacterial contamination of membrane used for guided periodontal tissue regeneration in human. *Journal of Periodontology* 1990; 61:515–520.

Simion M, Baldoni M, Rossi P, Zaffe D. A comparative study of the effectiveness of e-PTFE membranes with and without early exposure during the healing period. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 1994; 14:167–180.

Simon BI, Von Hagen S, Deasy MJ, Faldu M, Resnansky D. Changes in alveolar bone height and width following ridge augmentation using bone graft and membranes. *J Periodontol* 2000; 71:1774-1791.

Sobolik CF. Alveolar bone resorption. *J Prosthet Dent* 1960; 10:612-619.

Soehren SE, Van Swol RL. The healing extraction site: a donor area for periodontal grafting material. *J Periodontol* 1979 Mar; 50(3):128-33.

Soikkonen K, Ainamo A, Xie Q. Height of the residual ridge and radiographic appearance of bony structure in the jaws of clinically edentulous elderly people. *J Oral Rehabil*. 1996; 23:470–475.

Sotossanti JS. Aesthetic extractions with calcium sulfate and the principles of guided tissue regeneration. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1993; 5:61-9.

Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed longitudinal study covering 25 years. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1972; 27:120–132.

Tan WL, Wong TLT, Wong MCM, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin. Oral. Impl. Res.* 2012; 23(Suppl. 5):1-21.

Tarnow DP, Eskow RN. Preservation of implant esthetics: soft tissue and restorative considerations. *Journal of Esthetic Dentistry* 1996; 8:12-19.

Ten Heggeler JM, Slot DE, Van der Weijden GA. Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2010 Aug; 22(8):779-88.

Van der Weijden F, Dell'acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* 2009; 36:1048–1058.

Vance GS, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Johnston H, Scheetz JP. Comparison of an allograft in an experimental putty carrier and a bovine-derived xenograft used in ridge preservation: A clinical and histologic study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19:491-497.

Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clin. Oral Impl. Res* 2012; 23(Suppl. 5):22-38.

Wang HL, Kiyonobu K, Neiva RF. Socket augmentation: rationale and technique. *Implant Dentistry* 2004; 13:286–296.

Wang HL, Tsao XP. Mineralized bone allograft-plug socket augmentation: Rational and technique. *Implant Dent* 2007; 16:33-41.

Wikesjo UME, Crigger M, Nilveús R, Selvig KA. Early healing events at the dentin-connective tissue interface. Light and transmission electron microscopy observations. *J Periodontol* 1991; 62:5-14.

Wood DL, Hoag PM, Donnenfeld OW, Rosenberg DL. Alveolar crest reduction following full and partial thickness flaps. *J Periodontol* 1972; 43:141-144.

Wozney JM. Overview of bone morphogenetic proteins. *Spine* 2002; 27:S2–S8.